

# PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2001-203423

(43)Date of publication of application : 27.07.2001

(51)Int.Cl.

H01S 5/16  
H01S 5/223  
H01S 5/343

(21)Application number : 2000-340340

(71)Applicant : MITSUBISHI CHEMICALS CORP

(22)Date of filing : 08.11.2000

(72)Inventor : SHIMOYAMA KENJI  
KIYOMI KAZUMASA

(30)Priority

Priority number : 11317933

Priority date : 09.11.1999

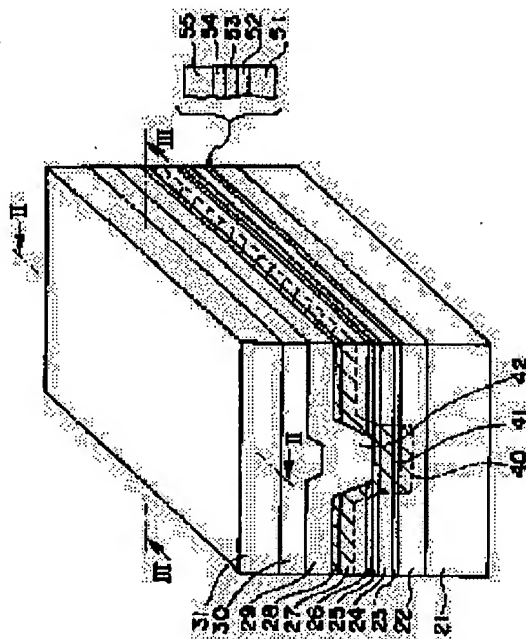
Priority country : JP

## (54) SEMICONDUCTOR LIGHT-EMITTING DEVICE

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a semiconductor light-emitting device of high performance which will not receive COD, even at a high output, while keeping a low threshold current and high performance.

**SOLUTION:** In the semiconductor light-emitting device, a first conductivity-type clad layer formed on a substrate, an active layer with a quantum well structure formed on the first conductivity-type clad layer and a second conductivity-type first clad layer formed on the active layer are formed, a current block layer with an opening part formed on the second conductivity-type first clad layer and a second conductivity-type second clad layer formed in an inside of the opening part and at least a part on a current block layer at both sides of an opening part are provided, and the band gap of the active layer is formed larger than the band gap of an active layer in a current injection region at a center of an optical waveguide in both end parts of an optical waveguide.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

(19)日本国特許庁 (J P)

## (12) 公 開 特 許 公 報 (A)

(11)特許出願公開番号

特開2001-203423

(P2001-203423A)

(43)公開日 平成13年 7 月27日 (2001.7.27)

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>H 0 1 S 5/16  
5/223  
5/343

識別記号

F I

H 0 1 S 5/16  
5/223  
5/343

キーワード(参考)

5 F 0 7 3

審査請求 未請求 請求項の数26 O L (全 18 頁)

(21)出願番号 特願2000-340340(P2000-340340)

(22)出願日 平成12年11月 8 日(2000. 11. 8)

(31)優先権主張番号 特願平11-317933

(32)優先日 平成11年11月 9 日(1999. 11. 9)

(33)優先権主張国 日本 (J P)

(71)出願人 000005968

三菱化学株式会社

東京都千代田区丸の内二丁目 5 番 2 号

(72)発明者 下山 謙司

茨城県牛久市東端六町1000番地 三菱化学  
株式会社筑波事業所内

(72)発明者 清見 和正

茨城県牛久市東端六町1000番地 三菱化学  
株式会社筑波事業所内

(74)代理人 100095843

弁理士 釜田 淳爾 (外 2 名)

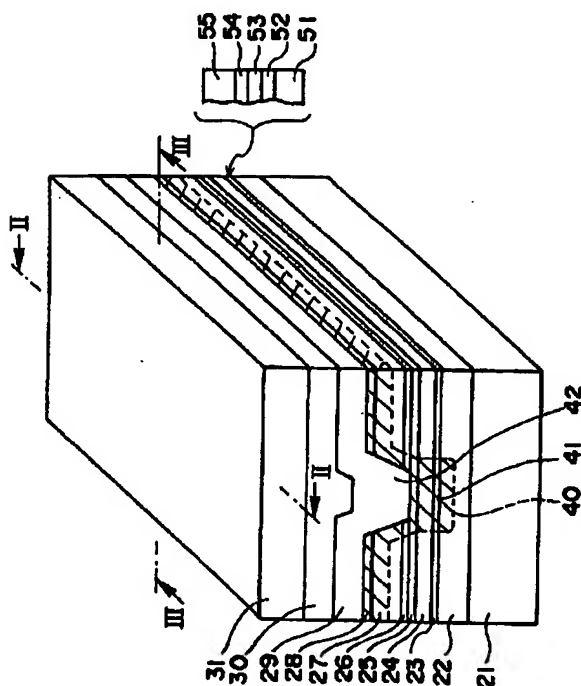
Fターム(参考) 5F073 AA21 AA45 AA53 AA74 AA88  
CA07 CB02 CB10 DA05 DA06  
DA23 EA29

(54)【発明の名称】 半導体発光装置

(57)【要約】

【課題】 低しきい値電流及び高効率を維持しつつ、高出力においてもCODを受けることがない高性能な半導体発光装置を提供する。

【解決手段】 基板上に形成された第1導電型クラッド層、該第1導電型クラッド層上に形成された量子井戸構造を有する活性層、該活性層上に形成された第2導電型第1クラッド層を形成し、該第2導電第1クラッド層上に形成された開口部を有する電流ブロック層、該開口部内部および少なくとも開口部両脇の電流ブロック層上の一部に形成された第2導電型第2クラッド層を有し、光導波路の両端部分において前記活性層のバンドギャップが光導波路中央の電流注入領域における活性層のバンドギャップよりも大きくなっていることを特徴とする半導体発光装置。。



1

## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基板、該基板上に形成された第 1 導電型クラッド層、該第 1 導電型クラッド層上に形成された量子井戸構造を有する活性層、該活性層上に形成された第 2 導電型第 1 クラッド層、該第 2 導電第 1 クラッド層上に形成された開口部を有する電流ブロック層、該開口部内部および少なくとも開口部両脇の電流ブロック層上の一部に形成された第 2 導電型第 2 クラッド層を有し、光導波路の両端部分において前記活性層のバンドギャップが光導波路中央の電流注入領域における活性層のバンドギャップよりも大きくなっていることを特徴とする半導体発光装置。

【請求項 2】 前記光導波路の両端部分における活性層内の量子井戸層が混晶化していることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体発光装置。

【請求項 3】 前記光導波路の両端部分における活性層に不純物が拡散されていることを特徴とする請求項 1 または 2 に記載の半導体発光装置。

【請求項 4】 前記活性層が単一の井戸層を有していることを特徴とする請求項 1～3 のいずれかに記載の半導体発光装置。

【請求項 5】 前記活性層が複数の井戸層および該井戸層に挟まれたバリア層を有していて、該バリア層の厚みが該井戸層よりも大きいことを特徴とする請求項 1～4 のいずれかに記載の半導体発光装置。

【請求項 6】 前記井戸層に圧縮歪みがかかっていることを特徴とする請求項 4 または 5 に記載の半導体発光装置。

【請求項 7】 前記井戸層の構成元素に In が含まれていることを特徴とする請求項 4～6 のいずれかに記載の半導体発光装置。

【請求項 8】 前記井戸層を挟むバリア層あるいはガイド層の構成元素に In が含まれていないことを特徴とする請求項 5～7 のいずれかに記載の半導体発光装置。

【請求項 9】 前記井戸層を挟むバリア層あるいはガイド層の構成元素に Al が含まれていることを特徴とする請求項 4～8 のいずれかに記載の半導体発光装置。

【請求項 10】 前記不純物拡散により光導波路の両端部分における p n 接合が少なくとも第 1 導電型クラッド層内に形成されていることを特徴とする請求項 3 に記載の半導体発光装置。

【請求項 11】 前記不純物拡散により電流ブロック層内に p n 接合が形成されていることを特徴とする請求項 3 に記載の半導体発光装置。

【請求項 12】 前記第 2 導電型第 1 クラッド層と電流ブロック層との間に 1 層以上のエッチング阻止層を形成することを特徴とする請求項 1～11 のいずれかに記載の半導体発光装置。

【請求項 13】 前記電流ブロック層の屈折率が、前記第 2 導電型第 2 クラッド層の屈折率より小さい半導体層

2

を有することを特徴とする請求項 1～12 のいずれかに記載の半導体発光装置。

【請求項 14】 前記電流ブロック層が、少なくとも第 1 導電型あるいは高抵抗の半導体層で構成されていることを特徴とする請求項 1～13 のいずれかに記載の半導体発光装置。

【請求項 15】 結晶成長装置内で上記不純物を拡散し、引き続き該結晶成長装置内で熱処理を行うことにより製造されることを特徴とする請求項 3 に記載の半導体発光装置。

【請求項 16】 前記結晶成長装置が有機金属気相成長装置であることを特徴とする請求項 15 に記載の半導体発光装置。

【請求項 17】 表面を局所的に高温にして混晶化することを特徴とする請求項 2 に記載の半導体発光装置。

【請求項 18】 表面を局所的に高温にする方法として、電子線やレーザー光の照射を用いることを特徴とする請求項 17 に記載の半導体発光装置。

【請求項 19】 前記光導波路の両端部分における活性層が、前記光導波路中央の電流注入領域における活性層内にて発生した光に対して透明となるバンドギャップを有することを特徴とする請求項 1～18 のいずれかに記載の半導体発光装置。

【請求項 20】 前記活性層が少なくとも GaAs、AlGaAs、InGaAs、AlGaInAs、GaInP、AlGaInP、GaInAsP、AlGaInAsP あるいは GaN、InGaN からなることを特徴とする請求項 1～19 のいずれかに記載の半導体発光装置。

【請求項 21】 前記開口部から活性層に電流が注入されることを特徴とする請求項 1～20 のいずれかに記載の半導体発光装置。

【請求項 22】 前記開口部が両端部まで伸長しているストライプ状の開口部であることを特徴とする請求項 1～21 のいずれかに記載の半導体発光装置。

【請求項 23】 前記開口部が一方の端部まで伸長しているが他方の端部までは伸長していない開口部であることを特徴とする請求項 1～21 のいずれかに記載の半導体発光装置。

【請求項 24】 前記電流ブロック層の側壁が (111) B 面からなることを特徴とする請求項 1～23 のいずれかに記載の半導体発光装置。

【請求項 25】 前記電流ブロック層が選択成長により形成されたことを特徴とする請求項 1～24 のいずれかに記載の半導体発光装置。

【請求項 26】 光ファイバー増幅器励起用光源として用いられることを特徴とする請求項 1～25 のいずれかに記載の半導体発光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

3

【産業上の利用分野】本発明は、半導体レーザなどとして有用な半導体発光装置に関し、特に高出力動作において信頼性が高い半導体レーザに関する。

【0002】

【従来の技術】従来の半導体レーザ素子は、光出力を大きくすると、出射端面での光密度が上昇し、端面での光の吸収により温度が上昇し、非可逆的な破壊（以下、「COD」(Catastrophic Optical Damage)という）を生じてレーザ発振をしなくなってしまう。

【0003】このようなCODを防ぎつつ高出力を得るために、現在主として以下の2つのレーザが用いられている。1つはブロードエリアレーザであり、発光領域を大きくすることにより、光の密度は低いままで全光出力を大きくするものである。しかし、ブロードエリアレーザは発光領域が大きいため、単一モードで安定作動させるのは困難である。

【0004】もう1つは、光を実質的に吸収しない非吸収領域を端面に設けたレーザ素子であり、端面の反射鏡の部分为非吸収領域（NAM領域）となっているため、通常NAMレーザ（Non-Absorbing Mirror）と呼ばれている。NAMレーザは端面での光の吸収が起これなくすることができるため、CODを完全に抑制することが可能である。また、誘導放出が行われる活性層付近の構造はブロードエリアレーザの場合のように制限されることなく、端面の非吸収領域とは独立に自由に設計できるために、単一モードの高い光出力で動作させることができる。

【0005】このようなNAMレーザの代表的な作製例として、(1) 端部領域での量子井戸構造無秩序化プロセス (H. Nakashima et al., Japanese Journal of Applied Physics, vol. 24, No. 8, L647 (1985))、(2) 端部領域での活性層埋込プロセス (H. Naito et al., IEEE Journal Quantum Electronics, vol. QE-25, 1495 (1989)) が挙げられる。

【0006】上記(2)には、優れたレーザ特性の実現が可能となるという利点があるものの、素子構造および作製プロセスが複雑であるという欠点がある。また、上記(1)では、不純物拡散あるいは構成元素の空格子拡散を用いるために作製プロセスが容易であるという利点がある。しかしながら、不純物拡散の場合、活性層内部の高濃度の不純物により内部損失が増大し、一方、構成元素の空格子拡散の場合は、比較的高温プロセスが要求されるために活性層へのプロセスダメージが懸念される。

【0007】上記(1)の端部領域での量子井戸構造無秩序化プロセスを用いて作製したリッジ構造を有する窓構造レーザが特開平2-203585号公報に記載されている。これにより、CODレベルの高い高出力レーザが実現できている。特開平10-290043号公報に記載される従来の窓構造レーザ素子は、基板上に第1導

4

電型クラッド層、活性層、第2導電型クラッド層を形成して、レーザ光出射面を含む端部領域に不純物（亜鉛（Zn））を拡散し、活性層を混晶化させることにより形成されているが、端部でのリーク電流の抑制するために、かなり複雑な構造となってしまうという問題がある。

【0008】一方、図11に示すセルフアライン型インナー스트ライプレーザでは、基本的には2回の結晶成長と1回のウェットエッチング（電流ブロック層）で作製することが可能であることから、容易に素子を作製できる。しかしながら、簡素で再現性が高い方法により十分に高性能なセルフアライン型インナーストライプレーザを作製することはできなかった。

【0009】

【発明が解決しようとする課題】本発明は、これらの従来技術の問題点を解決することを課題とした。すなわち本発明は、低しきい値電流及び高効率を維持しつつ、高出力においてもCODを受けることがない高性能な半導体発光装置を提供することを解決すべき課題とした。また本発明は、簡素で再現性が高いプロセスにより製造することが可能な半導体発光装置を提供することも解決すべき課題とした。

【0010】

【課題を解決するための手段】本発明者らは上記課題を解決するために鋭意検討を進めた結果、光導波路の端部での活性層のバンドギャップを大きくした窓構造レーザの作製において、セルフアライン型インナーストライプレーザ構造をベースとして、活性層に近傍の上部に不純物拡散層を形成したことにより、不純物拡散フロントの位置制御性の向上や端部でのリーク電流低減を図ることができ、所期の効果を示す優れた半導体発光装置が得られることを見出し、本発明を提供するに至った。

【0011】すなわち本発明は、基板、該基板上に形成された第1導電型クラッド層、該第1導電型クラッド層上に形成された量子井戸構造を有する活性層、該活性層上に形成された第2導電型第1クラッド層、該第2導電型第1クラッド層上に形成された開口部を有する電流ブロック層、該開口部内部および少なくとも開口部両脇の電流ブロック層上に一部に形成された第2導電型第2クラッド層を有し、光導波路の両端部分において前記活性層のバンドギャップが光導波路中央の電流注入領域における活性層のバンドギャップよりも大きくなっていることを特徴とする半導体発光装置を提供する。

【0012】本発明の好ましい態様として、前記光導波路の両端部分における活性層内の量子井戸層が混晶化している態様；前記光導波路の両端部分における活性層に不純物が拡散されている態様；前記活性層が単一の井戸層を有している態様；前記活性層が複数の井戸層および該井戸層に挟まれたバリア層を有していて、該バリア層の厚みが該井戸層よりも大きい態様；前記井戸層に圧縮

5

歪みがかかっている態様；前記井戸層の構成元素に In が含まれている態様；前記井戸層を挟むバリア層あるいはガイド層の構成元素に In が含まれていない態様；前記井戸層を挟むバリア層あるいはガイド層の構成元素に Al が含まれている態様；前記不純物拡散により光導波路の両端部分における pn 接合が少なくとも第 1 導電型クラッド層内に形成されている態様；前記不純物拡散により電流ブロック層内に pn 接合が形成されている態様；前記第 2 導電型第 1 クラッド層と電流ブロック層との間に 1 層以上のエッチング阻止層を形成する態様；前記電流ブロック層の屈折率が、前記第 2 導電型第 2 クラッド層の屈折率より小さい半導体層を有する態様；前記電流ブロック層が、少なくとも第 1 導電型あるいは高抵抗の半導体層で構成されている態様；結晶成長装置内で上記不純物を拡散し、引き続き該結晶成長装置内で熱処理を行う態様；前記結晶成長装置が有機金属気相成長装置である態様；表面を局所的に高温にして混晶化する態様；表面を局所的に高温にする方法として、電子線やレーザー光の照射を用いる態様；前記光導波路の両端部分における活性層が、前記光導波路中央の電流注入領域における活性層内にて発生した光に対して透明となるバンドギャップを有する態様；前記活性層が少なくとも GaAs、AlGaAs、InGaAs、AlGaInAs、GaInP、AlGaInP、GaInAsP、AlGaInAsP あるいは GaN、InGaN からなる態様；前記開口部から活性層に電流が注入される態様；前記開口部が両端部まで伸長しているストライプ状の開口部である態様；前記開口部が一方の端部まで伸長しているが他方の端部までは伸長していない開口部である態様；前記電流ブロック層の側壁が (111) B 面からなる態様；前記電流ブロック層が選択成長により形成された態様；光ファイバー増幅器励起用光源として用いられる態様を挙げることができる。

#### 【0013】

【発明の実施の態様】以下において、本発明の半導体発光装置についてその構造と製造方法を詳細に説明する。本発明の半導体発光装置は、基板、該基板上に形成された第 1 導電型クラッド層、該第 1 導電型クラッド層上に形成された量子井戸構造を有する活性層、該活性層上に形成された第 2 導電型第 1 クラッド層、該第 2 導電型第 1 クラッド層上に形成された開口部を有する電流ブロック層、該開口部内部および少なくとも開口部両脇の電流ブロック層上に形成された第 2 導電型第 2 クラッド層を有し、光導波路の両端部分において前記活性層のバンドギャップが光導波路中央の電流注入領域における活性層のバンドギャップよりも大きくなっていることを特徴とする。本発明の半導体発光装置は、これらの層の他に半導体発光装置に通常形成される層を適宜有していてもよい。

【0014】本明細書において「A 層の上に形成された

6

B 層」という表現は、A 層の上面に B 層の底面が接するように B 層が形成されている場合と、A 層の上面に 1 以上の層が形成されさらにその層の上に B 層が形成されている場合の両方を含むものである。また、A 層の上面と B 層の底面が部分的に接していて、その他の部分では A 層と B 層の間に 1 以上の層が存在している場合も、上記表現に含まれる。具体的な態様については、以下の各層の説明と実施例の具体例から明らかである。

【0015】図 1 は本発明の半導体発光装置の一例の斜視図であり、図 2 は前記一例の断面であって図 1 の II-II 線断面であり、図 3 は前記一例の断面であって図 1 の III-III 線断面である。半導体発光装置の一例の構造は概略的に、化合物半導体からなる基板 21 上に、第 1 導電型クラッド層 22、活性層 23、および第 2 導電型第 1 クラッド層 24 を積層し、その上に第 2 エッチング阻止層 25 および第 1 エッチング阻止層 26 を介してストライプ状に開口された電流ブロック層 27 および表面保護層 28 を有している。さらに電流ブロック層 27 の開口した部分に積層するように第 2 導電型第 2 クラッド層 29 が形成され、その第 2 導電型第 2 クラッド層 29 上にコンタクト層 30 と電極 31 が形成されている。

【0016】該半導体発光装置においては、光導波路の両端部分において前記活性層 23 のバンドギャップが光導波路中央の電流注入領域における活性層 23 のバンドギャップよりも大きくされた窓領域 40 が形成されている。この窓領域 40 は不純物拡散等によって無秩序化された領域であり、活性層 23 の光導波路の端面は混晶領域 41 で構成される。図 1～3 において、斜線で示される領域は不純物拡散がなされた領域である。通常、活性層 23 は、二重量子井戸 (DQW) 構造を有するため、図 6 (b) のようなバンドギャップを示すが、その窓領域 40 は不純物拡散によって無秩序化されているために、図 6 (a) に示すように、通常の活性層 23 のバンドギャップより大きくされている。このため本実施例の半導体発光装置ではレーザー端面においてフォトン吸収を抑制して、COD を未然に防止できる。

【0017】また、本発明の半導体発光装置は、第 2 導電型第 2 クラッド層 29 が、開口部内部および少なくとも開口部両脇の電流ブロック層 27 上の一部に形成されている (セルフアライン型インナーストライプレーザー構造)。このため、本発明の構造には、特開平 10-290043 号公報に記載されているようなリッジ型構造に比べて、成長回数が少なく済むこと、選択成長といった特殊な技術が不要 (特に Al を多く含んだ化合物の選択成長は困難) であることなどの利点がある。

【0018】図 1 において、前記半導体発光装置を構成する基板 21 は、その上にダブルヘテロ構造の結晶を成長することが可能なものであれば、その導電性や材料については特に限定されない。好ましいものは、導電性がある基板である。具体的には、基板上への結晶薄膜成長

7

に適したGaAs、InP、GaP、ZnSe、ZnO、Si、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>等の結晶基板、特に閃亜鉛鋅型構造を有する結晶基板を用いるのが好ましい。その場合、基板結晶成長面は低次元面またはそれと結晶学的に等価な面が好ましく、(100)面が最も好ましい。なお、本明細書において(100)面という場合、必ずしも厳密に(100)シャストの面である必要はなく、最大30°程度のオフアングルを有する場合まで包含する。オフアングルの大きさの上限は30°以下が好ましく、1.6°以下がより好ましい。下限は0.5°以上が好ましく、2°以上がより好ましく、6°以上がさらに好ましく、10°以上が最も好ましい。

【0019】また、基板21は六方晶型の基板でもよく、例えばAl<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、6H-SiC等からなる基板を用いることもできる。

【0020】基板21上には、通常基板の欠陥をエピタキシャル成長層に持ち込まないために厚さ0.2~2μm程度のバッファ層を形成しておくことが好ましい。

【0021】基板21上には、活性層23を含む化合物半導体層を形成する。化合物半導体層は、活性層の上下に活性層より屈折率の小さい層を含んでおり、そのうち基板側の層は第1導電型クラッド層、他方のエピタキシャル側の層は第2導電型クラッド層として機能する。これらの屈折率の大小関係は、各層の材料組成を当業者に公知の方法にしたがって適宜選択することにより調節することができる。例えば、Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>As、(Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>)<sub>0.5</sub>In<sub>0.5</sub>P、Al<sub>x</sub>Ga<sub>1-x</sub>NなどのAl組成を変化させることによって屈折率を調節することができる。

【0022】第1導電型クラッド層22は、活性層23よりも屈折率の小さい材料で形成される。また、第1導電型クラッド層22の屈折率は、第2導電型クラッド層の屈折率よりも大きいことが好ましい。例えば、第1導電型のGaInP、AlGaInP、AlInP、AlGaAs、AlGaAsP、AlGaInAs、GaInAsP、GaN、AlGaN、AlGaInN、BeMgZnSe、MgZnSSe、CdZnSeTe等の一般的なIII-V族、II-VI族半導体を用いることができる。第1導電型クラッド層22のキャリア濃度は、下限は $1 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以上が好ましく、 $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以上がより好ましく、 $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以上が最も好ましい。上限は $2 \times 10^{20} \text{ cm}^{-3}$ 以下が好ましく、 $5 \times 10^{19} \text{ cm}^{-3}$ 以下がより好ましく、 $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以下が最も好ましい。

【0023】第1導電型クラッド層22は、単層からなるものであるときは、好ましくは0.5~4μm、より好ましくは1~3μm程度の厚みを有する。

【0024】第1導電型クラッド層22は複数層からなるものであってもよく、具体的には活性層側にはGaInP、AlGaInP又はAlInPからなるクラッド

8

層と、その層よりも基板側に第1導電型のAlGaAs又はAlGaAsPからなるクラッド層が形成されている態様を例示することができる。このとき、活性層側の層の厚さは薄くすることが好ましく、厚さの下限としては0.01μm以上が好ましく、0.05μm以上がより好ましい。上限としては、0.5μm以下が好ましく、0.3μm以下がより好ましい。また、基板側の層のキャリア濃度は、下限 $2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ ~以上が好ましく、 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上がより好ましい。上限は $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以下が好ましく、 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以下がより好ましい。

【0025】本実施例の半導体発光装置を構成する活性層23の構造は、特に制限されず、図1の一例においては、二重量子井戸(DQW)構造を有している。この二重量子井戸(DQW)構造は具体的には光閉じ込め層(ノンドープ)51、量子井戸層(ノンドープ)52、バリア層(ノンドープ)53、量子井戸層(ノンドープ)54及び閉じ込め層(ノンドープ)55を順次積層した構造を有する。この二重量子井戸(DQW)構造以外にも、例えば、量子井戸層及び前記量子井戸層を上下から挟む光閉じ込め層からなる単一量子井戸構造(SQW)や、3層以上の量子井戸層及びそれらに挟まれたバリア層ならびに最上の量子井戸層の上及び最下の量子井戸層の下に積層された光閉じ込め層を有する多量子井戸構造であってもよい。活性層23を量子井戸構造とすることにより、単層のバルク活性層と比較して、短波長化(630nm~660nm)かつ低しきい値化を達成することができる。

【0026】活性層23の材料としては、GaAs、AlGaAs、GaInP、AlGaInP、GaInAs、AlGaInAs、GaInAsP、GaN、GaInNなどを例示することができる。GaとInを構成元素として含む材料である場合は、自然超格子が形成されやすいために、オフ基板を用いることによる自然超格子抑制の効果が大きくなる。

【0027】活性層23が量子井戸構造を有している場合、混晶化の容易さの観点から、次の構造が好ましい。

(1) 混晶化前後での組成の変化量を大きくできることから、活性層23が単一の井戸層を有している(単一量子井戸)こと。

(2) 活性層23が複数の井戸層を有している(多重量子井戸)場合、混晶化領域中央付近でのバンドギャップの低減を抑制するために、混晶組成井戸層に挟まれたバリア層の厚みが井戸層よりも大きいこと。

(3) 混晶化前後でのバンドギャップ変化を大きくするために、井戸層に圧縮歪みが掛かっていること。

(4) 井戸層の構成元素に比較的低温で拡散しやすいInが含まれていること。

(5) 井戸層を挟むバリア層あるいはガイド層の構成元素にバンドギャップを小さくするInが含まれていない

こと。

(6) 井戸層を挟むバリア層あるいはガイド層の構成元素にバンドギャップを大きくするAlが含まれていること。

【0028】活性層23の上には、第2導電型クラッド層が形成される。本発明の第2導電型クラッド層は2層以上形成する。以下の説明では、活性層23に近い方から順に第2導電型第1クラッド層24と第2導電型第2クラッド層29の2層を有する好ましい態様を例にとりて説明する。

【0029】第2導電型第1クラッド層24は、活性層23よりも屈折率の小さい材料で形成される。例えば、第2導電型のAlGaInP、AlInP、AlGaAs、AlGaAsP、AlGaInAs、GaInAsP、AlGaInN、BeMgZnSe、MgZnSs、CdZnSeTe等の一般的なIII-V族、II-VI族半導体を用いることができる。第2導電型クラッド層がAlを含むIII-V族化合物半導体で構成されている場合は、その成長可能な実質的全面をGaAs、GaAsP、GaInAs、GaInP、GaInN等のAlを含まないIII-V族化合物半導体で覆え

ば表面酸化を防止することができるため好ましい。

【0030】第2導電型第1クラッド層24のキャリア濃度は、下限は $2 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上が好ましく、 $5 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上がより好ましく、 $7 \times 10^{17} \text{ cm}^{-3}$ 以上が最も好ましい。上限は $5 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以下が好ましく、 $3 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以下がより好ましく、 $2 \times 10^{18} \text{ cm}^{-3}$ 以下が最も好ましい。厚さの下限としては0.01  $\mu\text{m}$ 以上が好ましく、0.05  $\mu\text{m}$ 以上がより好ましく、0.07  $\mu\text{m}$ 以上が最も好ましい。上限としては、0.5  $\mu\text{m}$ 以下が好ましく、0.3  $\mu\text{m}$ 以下がより好ましく、0.2  $\mu\text{m}$ 以下が最も好ましい。

【0031】第2導電型第1クラッド層24は活性層23の上に形成する。本発明の好ましい実施形態では、第2導電型第1クラッド層24の屈折率は、第1導電型クラッド層22の屈折率よりも小さい。このような態様を採用することにより、活性層から光ガイド層側へ有効に光がしみ出すように光分布(近視野像)を制御することができる。また、活性領域(活性層の存在する部分)から不純物拡散領域への光導波損失を低減することもできるため、高出力動作におけるレーザ特性や信頼性の向上を達成することができる。

【0032】第2導電型第1クラッド層24の上に第2導電型キャップ層25を形成することにより、少なくとも開口部内に第2導電型第2クラッド層を再成長させる際に、再成長界面で通過抵抗を増大させるような高抵抗層の発生を容易に防ぐことができるようになる。また、キャップ層25はエッチング阻止層として機能させてもよい。

【0033】キャップ層25の材料は、酸化されにくい

か或いは酸化されてもクリーニングが容易な材料であれば特に限定されない。具体的には、Al等の酸化されやすい元素の含有率が低い(0.3以下程度)III-V族化合物半導体層が挙げられる。また、材料と厚みを選択することによって活性層からの光を吸収しないようにすることが好ましい。キャップ層25の材料は、一般に活性層の材料よりもバンドギャップが大きい材料から選択されるが、バンドギャップが小さい材料であっても、厚さが50 nm以下、より好ましくは30 nm以下、最も好ましくは10 nm以下であれば、実質的に光の吸収が無視できるので使用可能である。

【0034】本発明の半導体発光装置における窓領域40の作製方法は特に制限されるものではない。好ましい方法は、活性層23の上部から窓領域作製のための処理を行う方法である。例えば、窓領域40を作製するための一つの手法として不純物拡散があるが、本発明では、活性層23の上部に不純物拡散層を形成することにより、容易に窓領域を作製することができる。特に、本発明の構成を有する半導体発光装置は、活性層23の上部であって比較的活性層からの距離が短い箇所から不純物拡散を行うことが可能である。例えば、図1に示す一例では、第2エッチング阻止層25上から不純物拡散を行うことができる。このとき不純物は、比較的厚さが小さい第2エッチング阻止層25と第2導電型第1クラッド層24を通過して活性層23に達するため、不純物拡散フロントの位置制御性の向上や端部でのリーク電流低減を容易に図ることができる。光導波路における活性層から不純物拡散層までの距離は、短かすぎると活性層内の不純物濃度が高くなり過ぎたり、再成長界面による品質の劣化の影響を受けやすくなる。一方、距離が長すぎると、拡散フロント位置の制御性の低下や端部でのリーク電流の増加を招いてしまうという問題がある。特に第1導電型クラッド層よりも下側の比較的バンドギャップの小さい層まで不純物が拡散してしまうと、リーク電流増加が大きくなって発光素子としての性能を大きく損ねてしまう。さらに、活性層にIn(さらにAs)を含む場合は、拡散距離が長いと高温あるいは長時間の拡散が必要となるために、熱拡散中に窓構造以外の導波路中央において活性層の界面が乱れたり、熱的なダメージで活性層の品質が劣化する可能性がある。これらを考慮すると、光導波路における活性層から不純物拡散層までの距離の下限は0  $\mu\text{m}$ 以上が好ましく、0.05  $\mu\text{m}$ 以上がより好ましく、0.1  $\mu\text{m}$ 以上が最も好ましい。拡散距離の上限は0.5  $\mu\text{m}$ 以下が好ましく、0.45  $\mu\text{m}$ 以下がより好ましく、0.4  $\mu\text{m}$ 以下が最も好ましい。不純物の拡散距離が比較的短かいために、比較的低温で不純物拡散を行うことができるという利点もある。不純物拡散温度は、850℃以下であることが好ましく、770℃以下であることがより好ましく、730℃以下であることがさらに好ましい。



11

【0035】端部での不純物の拡散フロントは、混晶化を行うために活性層23内の量子井戸層よりも下側になるようにする必要があり、活性層23よりもバンドギャップの大きい第1導電型クラッド層22内に形成されることが電流リーク抑制の観点から好ましい。

【0036】製造上の容易性や制御性を考慮すると、不純物拡散プロセスとして、薄膜成長装置内で拡散源を有する層の成長とアニールプロセスとを一貫して行うことが好ましい。さらに、端部でのリーク電流を低減するために、不純物拡散層は少なくともレーザチップ作製プロセス終了までに除去しておくことが好ましい。

【0037】拡散させる不純物は、拡散プロセス温度の低減の観点から、拡散定数の大きいものが好ましく、例えば亜鉛(Zn)、錫(Sn)、リチウム(Li)、銅(Cu)などが挙げられる。また、光導波路での内部損失の増加を防ぐ観点からは、n型の不純物が好ましく、例えば、III-V族半導体に対しては、シリコン(Si)、ゲルマニウム(Ge)、錫(Sn)、硫黄(S)、セレン(Se)、テルル(Te)など、II-VI族半導体に対しては窒素(N)、塩素(Cl)などが挙げられる。端部でのリーク電流低減の観点から、高抵抗化することができる不純物が好ましく、例えば、銅(Cu)、鉄(Fe)、クロム(Cr)などの遷移元素、水素(H)など、特にIII-V族半導体に対しては、ボロン(B)、酸素(O)などが挙げられる。

【0038】窓領域40への不純物のドーピング法として、上記の好ましい方法以外に例えばイオン注入法を採用してもよい。イオン注入後に熱処理を行い、不純物を拡散させ、量子井戸構造を混晶化させることができる。ただし、高エネルギーであるいは質量数の大きい不純物を注入すると、多量の欠陥(特に、ドーズ量が多い場合)が発生するので好ましくない。特に、活性層23にまで注入不純物が到達すると、活性層内部に欠陥が発生するので好ましくなく、活性層への損傷を低減させる観点から、注入深さを浅くして、活性層の上部に注入不純物プロファイルのピークがあることが好ましい。注入不純物としては、シリコン(Si)、フッ素(F)、アルミニウム(Al)、ボロン(B)、カーボン(C)、窒素(N)、リン(P)、硫黄(S)、砒素(As)、ガリウム(Ga)などが好適である。ダメージ低減の観点から、比較的質量の小さいB、C、F、Al、Si等が好ましい。III-V族半導体に注入する場合、フリーキャリアの吸収の影響を排除する観点から、キャリアとして働かないN、F、As、Al、Ga等好ましい。混晶化には、直接寄与しないが、水素(H)、アルゴン(Ar)などを注入することにより、キャリアの活性化率の低減や高抵抗層の形成を行うことができる。

【0039】さらに、窓領域40の形成にレーザ光や電子線などを使用して、局所的に高温にして混晶化してもよい。この方法は、混晶化させる必要のない領域(例え

12

ば、電流注入領域)の活性層23へのダメージやドーピングプロファイルの乱れを抑制する観点から、不純物を用いない場合のみならず不純物を用いた場合にも有効である。

【0040】不純物拡散のために形成する不純物拡散層の上には、表面からの不純物の蒸発防止、表面酸化の抑制、プロセスによる汚染防止、ダメージの保護等を目的として、表面保護層を形成してもよい。

【0041】プロセスの制御性を向上するために、第2導電型クラッド層の下側一部分を第2導電型第1クラッド層24とすることが好ましい。また、第2導電型第1クラッド層の上に形成された電流ブロック層をエッチングにて除去するときには、電流ブロック層27と第2導電型第1クラッド層24との界面に1層以上のエッチング阻止層を挿入することがさらに好ましい。

【0042】エッチング阻止層26としては、 $Al_xGa_{1-x}As$  ( $0 \leq x \leq 1$ )、 $In_yGa_{1-y}P$  ( $0 \leq y \leq 1$ )などが挙げられる。エッチング阻止層26の厚みは、上限として、2nm以上が好ましく、5nm以上がより好ましい。下限として、50nm以下が好ましく、20nm以下がより好ましい。エッチング阻止層26の導電型は、エッチングにより溝内部から除去される場合は特に制限はなく、溝内部に層が形成される場合は第2導電型が好ましい。また、エッチング阻止層26は基板になるべく格子整合させることが好ましい。

【0043】本発明の半導体発光装置を構成する電流ブロック層27は、第2導電型第1クラッド層24上に形成され、開口部を有する。基本的には、該開口部42から活性層に電流が注入される。

【0044】電流ブロック層27の材料は半導体であれば、特に限定されない。電流ブロック層27の材料として半導体を用いた場合は、誘電体膜と比較して熱伝導率が高いために放熱性が良い、劈開性が良い、平坦化しやすいためにジャンクション・アップで組み立てやすい、コンタクト層を全面に形成しやすいのでコンタクト抵抗を下げやすいなどの利点がある。

【0045】電流ブロック層27の屈折率は、電流ブロック層27に挟まれた $AlGaAs$ 又は $AlGaAsP$ からなる第2導電型第2クラッド層29の屈折率よりも低くする(実屈折率ガイド構造)。このような屈折率の制御を行うことによって、従来のロスガイド構造に比べて動作電流を低減することが可能になる。電流ブロック層と第2導電型第2クラッド層との屈折率差は、電流ブロック層が化合物半導体の場合、下限は0.001以上が好ましく、0.003以上がより好ましく、0.007以上が最も好ましい。上限は、1.0以下が好ましく、0.5以下がより好ましく、0.1以下が最も好ましい。電流ブロック層が誘電体の場合、下限は0.1以上が好ましく、0.3以上がより好ましく、0.7以上が最も好ましい。上限は、3.0以下が好ましく、2.



13

5以下がより好ましく、1.8以下が最も好ましい。

【0046】第2導電型第2クラッド層よりも低屈折率にすることや、GaAs基板との格子整合を考慮すると、半導体としてAlGaAs又はAlGaAsP、もしくはAlGaInP又はAlInPを用いることが好ましい。AlGaInP又はAlInPは、AlGaAs又はAlGaAsPと比べて、熱伝導が悪い、自然超格子の形成による屈折率の変化、選択成長（グループ側壁と底面）におけるIn組成の不安定性などがあるので、選択成長時の保護膜へのボリの堆積防止（HCl添加選択成長）ができるのであれば、AlGaAs又はAlGaAsPを選択する方が好ましい。ただし、AlGaAs又はAlGaAsPの場合は、Al組成がAlAsに近くなりすぎると潮解性を示すので、Al組成の上限は0.95以下が好ましく、0.92以下がより好ましく、0.90以下が最も好ましい。第2導電型クラッド層よりも低屈折率にする必要があることから、Al組成の下限は0.3以上が好ましく、0.35以上がより好ましく、0.4以上が最も好ましい。

【0047】電流ブロック層27は、光分布（特に横方向の光分布）を制御したり電流阻止の機能を向上させるために、屈折率、キャリア濃度又は導電型が異なる2つ以上の層から形成してもよい。電流ブロック層の上に表面保護層28を形成して、表面酸化の抑制あるいはプロセス上の表面保護を図ることができる。表面保護層28の導電型は特に規定されないが、第2導電型とすることにより、電流阻止機能の向上を図ることができる。

【0048】電流ブロック層27の導電型は、第1導電型又は高抵抗（アンドープもしくは深い順位を形成する不純物（O、Cr、Feなど）をドーピング）、あるいはこれら2つの組み合わせのいずれであってもよく、導電型あるいは組成の異なる複数の層から形成されていてもよい。例えば、活性層23に近い側から第2導電型あるいは高抵抗の半導体層、および第1導電型の半導体層の順に形成されている電流ブロック層を好ましく用いることができる。また、あまり薄いと電流阻止に支障を生じる可能性があるため、厚さは0.1μm以上であるのが好ましく、0.5μm以上であるのがより好ましい。素子としてのサイズ等を勘案すれば、0.1～3μm程度の範囲から選択するのが好ましい。

【0049】電流ブロック層27の上側層として、開口部42内部および少なくとも開口部42両脇の電流ブロック層27上の一部にいたるように第2導電型第2クラッド層29が形成される。第2導電型第2クラッド層29は、開口部42の上側表面をすべて覆い且つ開口部42の両脇の電流ブロック層27上の一部に延在するように形成される。不純物拡散により形成される窓領域40を光導波路の両端部分の比較的狭い範囲に自己整合的に形成し、その電流ブロック層27をそのまま用いて第2導電型第2クラッド層29が開口部42の両脇の電流

14

ブロック層27上の一部まで延在するように形成したことから、素子特性を十分に安定化させることができる。

【0050】第2導電型第2クラッド層29のキャリア濃度は、下限は $5 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 以上が好ましく、 $7 \times 10^{17} \text{cm}^{-3}$ 以上がより好ましく、 $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 以上が最も好ましい。上限は $1 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 以下が好ましく、 $5 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 以下がより好ましく、 $3 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 以下が最も好ましい。

【0051】第2導電型第2クラッド層29の厚さは、薄くなりすぎると光閉じ込めが不十分となり、厚くなりすぎると通過抵抗が増加してしまうことを考慮して、下限は0.5μm以上が好ましく、1.0μm以上がより好ましい。上限は3.0μm以下が好ましく、2.0μm以下がより好ましい。

【0052】電流ブロック層27と第2導電型第2クラッド層29を形成した後にさらに電極を形成するに先立ち、電極材料との接触抵抗を低減するために、低抵抗（高キャリア濃度）のコンタクト層30を形成することが好ましい。特に電極31を形成しようとする最上層表面の全体にコンタクト層30を形成したうえで電極を形成することが好ましい。

【0053】このとき、コンタクト層30の材料は、通常はクラッド層よりバンドギャップが小さい材料の中から選択し、金属電極とのオーミック性を取るため低抵抗で適当なキャリア密度を有するのが好ましい。キャリア密度の下限は、 $1 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 以上が好ましく、 $3 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 以上がより好ましく、 $5 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 以上が最も好ましい。上限は、 $2 \times 10^{20} \text{cm}^{-3}$ 以下が好ましく、 $5 \times 10^{19} \text{cm}^{-3}$ 以下がより好ましく、 $3 \times 10^{18} \text{cm}^{-3}$ 以下が最も好ましい。コンタクト層の厚みは、0.1～10μmが好ましく、1～8μmがより好ましく、2～6μmがもっとも好ましい。

【0054】次に、電流ブロック層27に形成される開口部42について説明する。

【0055】電流ブロック層27の開口部42は、上側（コンタクト層側）よりも下側（活性層側）の方が小さくなるようにする方が、通過抵抗の低減（動作電圧および発熱の低減）の観点から好ましい。電流ブロック層27を端部窓構造領域（例えば、不純物拡散領域）上に形成することにより、端部窓構造領域でのリーク電流を無くすることができる。また、電流ブロック層27を端部窓構造領域よりもさらに内側に形成することにより、活性層の端部への電流注入も抑制することができる。これにより、再成長界面を有する端部領域での劣化（特にバルブ劣化）を低減することができる。

【0056】電流ブロック層27の開口部42は、両端部まで伸長しているストライプ状の開口部であってもよいし、一方の端部まで伸長しているが他方の端部までは伸長していない開口部であってもよい。開口部が両端部

まで伸長しているストライプ状の開口部である場合は、端部窓構造領域における光の制御がより容易になり、端面における横方向の光の拡がりを小さくすることができる。一方、開口部が端面からある程度内側に入った部分に形成されている場合は、端面付近で電流を非注入にすることができるため、端面での電流の再結合を防ぐとともに、クラッド層などからの電流の回り込みを最小限にとどめることができる。開口部の構造はこのような利点を考慮しながら、使用目的に応じて適宜決定することが好ましい。

【0057】オフアングルの方向は、電流ブロック層に形成される開口部の伸びる方向（長手方向）に直交する方向から、 $\pm 30^\circ$  以内の方向が好ましく、 $\pm 7^\circ$  以内の方向がより好ましく、 $\pm 2^\circ$  以内の方向が最も好ましい。また、開口部の方向は、基板の面方位が（100）の場合、【011】またはそれと等価な方向が、オフアングルの方向は【011】方向またはそれと等価な方向から $\pm 30^\circ$  以内の方向が好ましく、 $\pm 7^\circ$  以内の方向がより好ましく、 $\pm 2^\circ$  以内の方向が最も好ましい。なお、本明細書において「【01-1】方向」という場合は、一般的なIII-V族、II-VI族半導体において、（100）面と【01-1】面との間に存在する【11-1】面が、それぞれV族又はVI族元素が現れる面であるように【01-1】方向を定義する。

【0058】本発明の実施態様は上記の開口部が【01-1】方向の場合に限定されない。例えば、開口部が【011】方向又はそれと結晶学的に等価な方向に伸びている場合、例えば、成長条件により、成長速度に異方性をもたせることができ、（100）面では速く、（111）B面ではほとんど成長しないようにすることができる。その場合、（111）B面を側面とする第2導電型第2クラッド層が形成される。この場合も次にコンタクト層を形成する際、より等方性の強い成長が起こる条件を選ぶことにより、（100）面の頂部とともに（111）B面からなる側面にも全面的にコンタクト層が形成される。

【0059】同様の理由により、ウルツァイト型の基板を用いた場合には、開口部の伸びる方向は、例えば（001）面上では【11-20】又は【1-100】が好ましい。HVPE（Hydride Vapor Phase Epitaxy）ではどちらの方向でもよいが、MOVPEでは【11-20】方向がより好ましい。

【0060】本発明の半導体発光装置を設計するに際しては、まず、所望の垂直拡がり角を得るために活性層の厚みとクラッド層の組成を決定する。通常、垂直拡がり角を狭くすると活性層からクラッド層への光の浸みだしが促進され、端面での光密度が小さくなり、出射端面の光学的損傷（COD）レベルが向上することができるので、高出力動作を必要とする時には比較的狭めに設定されるが、下限は活性層内の光閉じ込めの低減による発

振しきい値電流の増大及びキャリアのオーバーフローによる温度特性の低下を抑制することで制限があり、下限は、 $15^\circ$  以上が好ましく、 $17^\circ$  以上がより好ましく、 $19^\circ$  以上が最も好ましい。上限は、 $33^\circ$  以下が好ましく、 $31^\circ$  以下がより好ましく、 $30^\circ$  以下が最も好ましい。

【0061】次に、垂直拡がり角を決定すると、高出力特性を大きく支配する構造パラメータは活性層と電流ブロック層との間の距離 $d_p$ と開口部底部における幅（以下「開口幅」という） $W$ となる。なお、活性層と電流ブロック層との間に第2導電型第1クラッド層のみが存在する場合、 $d_p$ は第2導電型第1クラッド層の厚みとなる。また、活性層が量子井戸構造の場合、最も電流ブロック層に近い活性層と電流ブロック層との距離が $d_p$ になる。

【0062】 $d_p$ については、上限は $0.30\mu\text{m}$ 以下が好ましく、 $0.20\mu\text{m}$ 以下がより好ましく、 $0.15\mu\text{m}$ 以下がもっとも好ましい。下限は $0.03\mu\text{m}$ 以上が好ましく、 $0.05\mu\text{m}$ 以上がより好ましく、 $0.07\mu\text{m}$ 以上がもっとも好ましい。ただし、使用目的（拡がり角をどこに設定するかなど）、材料系（屈折率、抵抗率等）などが異なると、上記の最適範囲も少しシフトする。また、この最適範囲は上記の各構造パラメータがお互いに影響し合うことにも注意を要する。

【0063】開口部底部における開口幅 $W$ は、上限が $100\mu\text{m}$ 以下であることが好ましく、 $50\mu\text{m}$ 以下であることがより好ましい。下限が $1\mu\text{m}$ 以上であることが好ましく、 $1.5\mu\text{m}$ 以上であることがより好ましく、 $2\mu\text{m}$ 以上であることがもっとも好ましい。また、横モードをシングルモード（単一ピークの横方向光強度分布）にするためには、高次モードのカットオフ及び空間的ホールバーニングの防止の観点から $W$ をあまり大きくすることができず、 $W$ の上限は $7\mu\text{m}$ 以下が好ましく、 $6\mu\text{m}$ 以下がより好ましい。

【0064】高出力動作を実現するには、開口部底部における開口幅 $W$ を広くすることが端面での光密度低減の観点から有効であるが、動作電流を低減するためには開口幅を狭くすることが、導波路ロス低減の観点から好ましい。そこで、ゲイン領域となる中央付近の開口幅 $W_2$ を比較的狭くし、端部付近の開口幅 $W_1$ を比較的広くなるようにすることにより、低動作電流と高出力動作を同時に実現することができ、高い信頼性も確保することができる（図10（a））。すなわち、端部（劈開面）幅 $W_1$ については、上限が $1000\mu\text{m}$ 以下であることが好ましく、 $500\mu\text{m}$ 以下であることがより好ましい。下限が $2\mu\text{m}$ 以上であることが好ましく、 $3\mu\text{m}$ 以上であることがより好ましい。中央部幅 $W_2$ については、上限が $100\mu\text{m}$ 以下であることが好ましく、 $50\mu\text{m}$ 以下であることがより好ましい。下限が $1\mu\text{m}$ 以上であることが好ましく、 $1.5\mu\text{m}$ 以上であることがより好まし

10

20

30

40

50

17

く、 $2\mu\text{m}$ 以上であることがもっとも好ましい。端部幅  $W1$  と中央部幅  $W2$  の差については、上限は  $1000\mu\text{m}$  以下が好ましく、 $500\mu\text{m}$  以下がより好ましい。下限については、 $0.2\mu\text{m}$  以上が好ましく、 $0.5\mu\text{m}$  以上がより好ましい。

【0065】さらに横モードをシングルモードにするためには、端部幅  $W1$  の上限は、 $7\mu\text{m}$  以下が好ましく、 $6\mu\text{m}$  以下がより好ましい。中央部幅  $W2$  の上限は、 $6\mu\text{m}$  以下が好ましく、 $5\mu\text{m}$  以下がより好ましい。端部幅  $W1$  と中央部幅  $W2$  の差については、上限は  $5\mu\text{m}$  以下が好ましく、 $3\mu\text{m}$  以下がより好ましく、 $2\mu\text{m}$  以下が最も好ましい。下限については、 $0.2\mu\text{m}$  以上が好ましく、 $0.5\mu\text{m}$  以上がより好ましい。

【0066】高い信頼性を維持しつつビームが円形に近いレーザを達成するためには、上記  $d_p$  と  $W$  を適切な範囲に制御性良く納めることが必要となる。

【0067】円形に近いビームを実現するには、開口幅を狭くすることが有効であるが、開口幅を狭くすると注入電流密度が密度がバルク劣化抑制の観点から好ましくない。そこで、ゲイン領域となる中央部幅  $W2$  を比較的広くし、端部付近を比較的狭くなるようにすることにより、ビームスポット低減と低動作電流を同時に実現することができ、高い信頼性も確保することができる（図10(b)）。すなわち、端部（劈開面）幅  $W1$  については、上限が  $10\mu\text{m}$  以下であることが好ましく、 $5\mu\text{m}$  以下であるがより好ましく、 $3\mu\text{m}$  以下であるがもっとも好ましい。下限が  $0.5\mu\text{m}$  以上であることが好ましく、 $1\mu\text{m}$  以上であることがより好ましい。中央部幅  $W2$  については、上限が  $100\mu\text{m}$  以下であることが好ましく、 $50\mu\text{m}$  以下であることがより好ましい。下限が  $1\mu\text{m}$  以上であることが好ましく、 $1.5\mu\text{m}$  以上であることがより好ましく、 $2\mu\text{m}$  以上であることがもっとも好ましい。端部幅  $W1$  と中央部幅  $W2$  の差については、上限は  $100\mu\text{m}$  以下が好ましく、 $50\mu\text{m}$  以下がより好ましい。下限については、 $0.2\mu\text{m}$  以上が好ましく、 $0.5\mu\text{m}$  以上がより好ましい。

【0068】上記の漸増部分あるいは漸減部分、端部の長さは所望の特性に応じて、設計すればよいが、漸減部分の長さは、導波路損失低減の観点から、それぞれ  $5\sim 10\mu\text{m}$  が好ましく、 $10\sim 50\mu\text{m}$  がより好ましい。端部の長さは、劈開精度の観点から  $5\sim 30\mu\text{m}$  が好ましく、 $10\sim 20\mu\text{m}$  がより好ましい。ただし、必要に応じて、以下のように窓を作製してもよい。

(1) 端部、漸増部分あるいは漸減部分の開口幅あるいは長さがチップ両側で非対称となるもの。

(2) 端部の幅一定となる領域を設定せずに、端部まで漸増あるいは漸減としたもの。

(3) 端面の片側（通常、高出力光取り出し（前端面）側）だけ開口幅が漸増あるいは漸減するようにしたもの。

18

(4) 端部開口幅が前端面と後端面とで異なるもの。

(5) 上記の(1)～(4)のいくつかを組み合わせたもの。

【0069】また、端面付近に電極を設けないようにして、端部近傍の開口部への電流注入によるバルク劣化の抑制や端面での再結合電流を低減することは、高い信頼性での小スポット径のレーザ作製の観点から有効である。

【0070】端部での共振器方向における窓構造領域の長さは、短くなりすぎると再現性よく劈開することが困難となり、一方、長くなりすぎると窓領域40での損失が増加するためにしきい値電流の増大やスロープ効率の低減などレーザ特性の劣化を招いてしまう。そこで、窓領域40の長さは、下限として、 $1\mu\text{m}$  以上が好ましく、 $5\mu\text{m}$  以上がより好ましい。上限としては、 $50\mu\text{m}$  以下が好ましく、 $30\mu\text{m}$  以下がより好ましい。

【0071】窓領域40は、両端部に形成されていることが好ましいが、片側の側面にだけ形成されていてもよい。片側にだけ形成されている場合は、より高出力のレーザ光が出射される端面側に形成されていることが好ましい。

【0072】本発明の半導体発光装置を製造する方法は特に制限されない。いかなる方法により製造されたものであっても、上記請求項1の要件を満たすものであれば本発明の範囲に含まれる。

【0073】本発明の半導体発光装置を製造する際には、従来から用いられている方法を適宜選択して使用することができる。結晶の成長方法は特に限定されるものではなく、ダブルヘテロ構造の結晶成長や電流ブロック層等の選択成長には、有機金属気相成長法（MOCVD法）、分子線エピタキシー法（MBE法）、ハイドライドあるいはハライド気相成長法（VPE法）、液相成長法（LPE法）等の公知の成長方法を適宜選択して用いることができる。

【0074】本発明の半導体発光装置の製造方法としては、まず基板21上に第1導電型クラッド層22及び第2導電型第1クラッド層24と活性層23を有するダブルヘテロ構造を形成後、第2導電型第1クラッド層24上に電流ブロック層27を形成し、電流ブロック層27を開口した後で不純物拡散用の化合物半導体層を選択成長させ、該化合物半導体層を除去した後、第2導電型第2クラッド層29を形成する工程を例示することができる。この製造方法の詳細やその他の製造方法については、以下の実施例や関連技術文献から理解することができる。

【0075】各層の具体的成長条件等は、層の組成、成長方法、装置の形状等に応じて異なるが、MOCVD法を用いてIII-V族化合物半導体層を成長する場合、ダブルヘテロ構造は、成長温度  $650\sim 750^\circ\text{C}$  程度、 $V/III$  比  $20\sim 60$  程度（AlGaAsの場合）あ

19

るいは300~600程度(InGaAsP、AlGaInPの場合)、不純物拡散領域及びブロック層は成長温度600~700℃、V/III比40~60程度(AlGaAsの場合)あるいは350~550程度(InGaAsP、AlGaInPの場合)で行うのが好ましい。

【0076】特に保護膜を用いて選択成長する部分がAlGaAs、AlGaInPのようにAlを含む場合、成長中に微量のHClガスを導入することにより、マスク上へのボリの堆積を防止することができるため非常に好ましい。Alの組成が高いほど、あるいはマスク幅あるいはマスク面積比が大きいほど、他の成長条件を一定とした場合、ボリの堆積を防止し、かつ半導体表面露出部のみに選択成長を行う(セレクトティブモード)のに必要なHCl導入量は増加する。一方、HClガスの導入量が多すぎるとAlGaAs層の成長が起こらず、逆に半導体層がエッチングされてしまうが(エッチングモード)が、Al組成が高くなるほど他の成長条件を一定とした場合、エッチングモードになるのに必要なHCl導入量は増加する。このため、最適なHCl導入量はトリメチルアルミニウム等のAlを含んだIII族原料供給モル数に大きく依存する。具体的には、HClの供給モル数とAlを含んだIII族原料供給モル数の比(HCl/III族)は、下限は0.01以上が好ましく、0.05以上がより好ましく、0.1以上が最も好ましい。上限は、50以下が好ましく、10以下がより好ましく、5以下が最も好ましい。ただし、Inを含む化合物半導体層を選択成長(特に、HCl導入)させる場合は、組成制御が困難になりやすい。

【0077】グループ形成や選択成長に使用する保護膜は、誘電体であることが好ましく、具体的には、SiNx膜、SiO<sub>2</sub>膜、SiON膜、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>膜、ZnO膜、SiC膜及びアモルファスSiからなる群から選択される。保護膜は、マスクとしてMOCVDなどを用いてグループを選択再成長により形成する場合に用いられる。

【0078】本発明の半導体発光装置を利用した半導体レーザ装置として、情報処理用光源(通常AlGaAs系(波長780nm近傍)、AlGaInP系(波長600nm帯)、InGaN系(波長400nm近傍))、通信用信号光源(通常InGaAsPあるいはInGaAsを活性層とする1.3μm帯、1.5μm帯)レーザ、ファイバー励起用光源(InGaAs歪み量子井戸活性層/GaAs基板を用いる980nm近傍、InGaAsP歪み量子井戸活性層/InP基板を用いる1480nm近傍など)レーザなどの通信用半導体レーザ装置などの、特に高出力動作が求められる多用途な装置を挙げることができる。また、通信用レーザでも、円形に近いレーザはファイバーとの結合効率を高める点で有効である。また、遠視野像が単一ピークであるもの

20

は、情報処理や光通信などの幅広い用途に好適なレーザとして供することができる。

【0079】さらに、本発明は半導体レーザ以外に端面発光型などの発光ダイオード(LED)としても応用可能である。

【0080】

【実施例】以下に具体例を挙げて、本発明を更に詳細に説明する。以下の実施例に示す材料、試薬、割合、操作等は、本発明の精神から逸脱しない限り適宜変更することができる。したがって、本発明の範囲は以下に示す具体例に制限されるものではない。

【0081】(実施例1)本実施例において、図4に示す順に各層を形成することにより半導体発光装置を製造した。なお図4(a)~図4(e)には、構造を把握しやすくするために敢えて寸法を変えている部分があるが、実際の寸法は以下の文中に記載されるとおりである。

【0082】厚さ350μmで表面が(100)面であるn型GaAs(n=1×10<sup>18</sup>cm<sup>-3</sup>)基板101上に、MBE法により、厚さ2.0μmのn型Al<sub>0.35</sub>Ga<sub>0.65</sub>As(Siドープ:n=1×10<sup>18</sup>cm<sup>-3</sup>)からなるn型クラッド層102、厚さ30nmのGaAs光閉じ込め層(ノンドープ)、厚さ6nmのIn<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>As井戸層(ノンドープ)、厚さ8nmのGaAsバリア層(ノンドープ)、厚さ6nmのIn<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>As井戸層(ノンドープ)及び厚さ30nmのGaAs光閉じ込め層(ノンドープ)を順次積層してなる二重量子井戸(DQW)活性層103、厚さ0.1μmのp型Al<sub>0.35</sub>Ga<sub>0.65</sub>As(Beドープ:p=1×10<sup>18</sup>cm<sup>-3</sup>)からなるp型第1クラッド層104、厚さ10nmのp型GaAs(Beドープ:p=1×10<sup>18</sup>cm<sup>-3</sup>)第2エッチング阻止層105、厚さ20nmのp型In<sub>0.49</sub>Ga<sub>0.51</sub>P(Beドープ:p=5×10<sup>17</sup>cm<sup>-3</sup>)第1エッチング阻止層106、厚さ0.5μmのn型Al<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>As(Siドープ:n=1×10<sup>18</sup>cm<sup>-3</sup>)からなるn型電流ブロック層107、厚さ10nmのn型GaAs(Siドープ:n=1×10<sup>18</sup>cm<sup>-3</sup>)からなるn型キャップ層108、を順次積層した(図4(a))。

【0083】電流注入領域を形成するために、まず、このダブルヘテロ基板の表面に厚さ100nmのSiNx保護膜をプラズマCVDにより堆積させ、フォトリソグラフィにより[0-11]B方向にストライプ状の開口部を多数形成した。なお、[01-1]B方向は、一般的なIII-V族化合物半導体において、(100)面と(01-1)面の間に存在する(11-1)面が、V族元素が現れる面である様に定義する。このストライプ状開口部の幅は2.2μmで一定にし、横方向のスペース間隔は400μmとした。このストライプ状の開口部において、第1エッチング阻止層106でエッチングが停止するようにして、表面保護層108及び電流プロ

21

ック層107をエッチングにより除去した。このとき用いたエッチング液は、酒石酸／過酸化水素系、硫酸／過酸化水素系、磷酸／過酸化水素系などから選択した。

【0084】この後、ストライプ状のSiNx保護膜を緩衝フッ酸液などのウェットエッチングもしくはSF<sub>6</sub>、CF<sub>4</sub>などのガスを用いたドライエッチングを用いて除去した。次に、第2エッチング阻止層でエッチング停止するようにして、上記開口部直下（電流注入領域）の第1エッチング停止層を塩酸系エッチング液を用いてエッチングにより除去し、ストライプ状の溝109の形成を完了した（図4（b））。

【0085】次に、このダブルヘテロ基板の表面に厚さ100nmのSiNx保護膜をプラズマCVDにより堆積させ、フォトリソグラフィにより[0-11]B方向を長手方向とする矩形形状の保護膜110を形成した

（図4（c））。矩形形状のSiNx保護膜110の長さは700μm、横幅は20μmとし、矩形形状の保護膜の横方向スペース間隔は330μm、縦方向のスペース間隔は40μmとした。

【0086】この矩形形状のSiNx保護膜110の周囲にMOCVD法を用いた選択成長により、厚さ0.3μmの高濃度p型Al<sub>0.7</sub>Ga<sub>0.3</sub>As（Znドープ：p=1×10<sup>20</sup>cm<sup>-3</sup>）不純物拡散層111、厚さ0.2μmのアンドープGaAsキャップ層112を580℃で形成した。

【0087】この後、同じMOCVD装置内でアニール（715℃、1時間）を施すことにより、p型GaAs表面保護層の表面から0.4μmの深さまで、不純物（Zn）拡散を行った（図4（d））。このアニール工程は不純物拡散層111とキャップ層112の選択成長工程と同じMOCVD装置内で連続して行った。このため、製造プロセスは簡略化されており、Znからなる不純物の分布も再現性が高かった。アニール工程によって、不純物は図4（d）中で斜線を付した領域に拡散し、開口部直下では素子端面の拡散フロント位置はn型クラッド層102の内部に達した。このとき、深さ方向の組成プロファイルをArスパッタしながらオージェ電子分光法にて分析したところ、二重量子井戸（DQW）活性層103において混晶化が起きていることが判明した（図7（a）、図7（b）参照）。これは、高濃度（～1×10<sup>19</sup>cm<sup>-3</sup>）のZnの拡散により、In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>As井戸層とGaAsバリア層及びガイド層において、相互拡散（インターミキシング）が生じたからである。また、フォトルミネッセンス（PL）法において活性層からの発光波長を測定したところ、図8に示すように、Zn拡散（すなわち混晶化）した領域においてPLピーク波長が40nm短波長化（970nmから930nmに変化）していることが確認された。すなわちバンドギャップが拡大（55meV）していることが判明したことから、レーザ光出射端面において窓構造113が

22

形成されていることが確認できた。

【0088】次に、アンドープGaAsキャップ層112および高濃度p型GaAs不純物拡散層111をエッチングにより除去した。このとき、磷酸／過酸化水素系のエッチング液でアンドープGaAsキャップ層112及び高濃度p型Al<sub>0.7</sub>Ga<sub>0.3</sub>As不純物拡散層111の途中まで除去し、フッ酸系のエッチング液により高濃度p型Al<sub>0.7</sub>Ga<sub>0.3</sub>As不純物拡散層の残りを除去し、p型GaAs表面保護層105の表面でエッチング停止させた。このあと、矩形形状のSiNx保護膜110を緩衝フッ酸液などのウェットエッチングもしくはSF<sub>6</sub>、CF<sub>4</sub>などのガスを用いたドライエッチングを用いて除去した。

【0089】この後、MOCVD法により厚さ2.0μmのp型Al<sub>0.35</sub>Ga<sub>0.65</sub>As（Znドープ：p=1×10<sup>18</sup>cm<sup>-3</sup>）からなるp型第2クラッド層114及び厚さ3.0μmのp型GaAs（Znドープ：p=2×10<sup>19</sup>cm<sup>-3</sup>）からなるコンタクト層115を成長させた。

【0090】この後、p側の電極116を蒸着し、基板を100μmまで薄くした後に、n側電極117を蒸着し、アロイした（図4（e））。こうして作製したウエハーにおいて、40μm幅の不純物拡散領域のほぼ中央で劈開して、レーザ光出射端面を形成（1次劈開）するようにチップバーに切り出し、端面窓構造レーザを作製した。このときの共振器長は740μmとした。前端面5%-後端面95%の非対称コーティングを施した後、2次劈開によりチップに分離した。チップをジャンクションダウンで組立した後、25℃で連続通電（CW）にて電流-光出力、電流-電圧特性を測定した。

【0091】このようにして作製したレーザ素子の電流-光出力特性を、図9に示す。本実施例によって作製した窓構造レーザでは動作電流の増加とともに光出力が増加し、約450mWまでキンクフリーでかつ約600mWまでCODせずに光出力が得られた。しかし、それ以上に動作電流を増加させても光出力は増加せず、素子自体の発熱による熱飽和によって光出力が制限された。発振波長は平均976nm、しきい値電流は平均20mA、スロープ効率は平均0.85mW/mAであり、特性は非常に良好であった。また、250mW出力時における垂直広がり角は平均28°、水平広がり角は平均8.5°であった。このとき、非点隔差は2μm以下と非常に小さくすることができ、光ファイバーとの光結合特性に優れた光源となることが判明した。さらに、高い信頼性（70℃、250mWの高温、高出力における3000時間以上の安定動作）が得られることが判明した。また、電流注入のための開口部をエッチング阻止層までのエッチングにより形成しているため、素子構造の均一性を高めることができ、上記の半導体レーザ素子を高歩留まりで作製することができた。

23

【0092】（実施例2）本実施例において、図5に示す順に各層を形成することにより半導体発光装置を製造した。なお図5(a)～図5(e)には、構造を把握しやすくするために敢えて寸法を変えている部分があるが、実際の寸法は以下の文中に記載されるとおりである。

【0093】厚さ350 $\mu\text{m}$ で表面が(100)面であるn型GaAs ( $n=1\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ ) 基板201上に、MOCVD法により、厚さ2.0 $\mu\text{m}$ のn型Al<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>As (Siドープ:  $n=1\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ ) からなるn型クラッド層202、厚さ30nmのGaAs光閉じ込め層(ノンドープ)、厚さ6nmのIn<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>As井戸層(ノンドープ)、厚さ8nmのGaAsバリア層(ノンドープ)、厚さ6nmのIn<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>As井戸層(ノンドープ)及び厚さ30nmのGaAs光閉じ込め層(ノンドープ)を順次積層してなる二重量子井戸(DQW)活性層203、厚さ0.1 $\mu\text{m}$ のp型Al<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>As (Znドープ:  $p=1\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ ) からなるp型第1クラッド層204、厚さ0.01 $\mu\text{m}$ のp型GaAs (Znドープ:  $p=1\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ ) 表面保護層205を順次積層することにより、ダブルヘテロ構造を形成した(図5(a))。

【0094】次に、このダブルヘテロ基板の表面に厚さ100nmのSiNx保護膜をプラズマCVDにより堆積させ、フォトリソグラフィにより[011]A方向を長手方向とする矩形形状の保護膜206を形成した(図5(b))。矩形形状のSiNx保護膜の長さは700 $\mu\text{m}$ 、横幅は20 $\mu\text{m}$ とし、矩形形状の保護膜の横方向スペース間隔は330 $\mu\text{m}$ 、縦方向のスペース間隔は40 $\mu\text{m}$ とした。

【0095】この矩形形状のSiNx保護膜206の周囲にMOCVD法を用いた選択成長により、厚さ0.3 $\mu\text{m}$ の高濃度p型Al<sub>0.7</sub>Ga<sub>0.3</sub>As (Znドープ:  $p=1\times 10^{20}\text{cm}^{-3}$ ) 不純物拡散層207、厚さ0.2 $\mu\text{m}$ のアンドープGaAsキャップ層208を形成した。

【0096】この後、MOCVD装置内でアニール(715 $^{\circ}\text{C}$ 、1時間)を施すことにより、p型GaAs表面保護層205の表面から0.4 $\mu\text{m}$ の深さまで、不純物(Zn)拡散を行った(図5(c))。アニール工程によって、不純物は図5(c)中で斜線を付した領域に拡散し、素子端面の拡散フロント位置はn型クラッド層202の内部に達した。このとき、深さ方向の組成プロファイルをArスパッタしながらオージェ電子分光法にて分析したところ、実施例1と同様に、図7(a)及び図7(a)に示すように二重量子井戸(DQW)活性層203において混晶化が起こっていることが判明した。これは、高濃度( $\sim 1\times 10^{19}\text{cm}^{-3}$ )のZnの拡散により、In<sub>0.2</sub>Ga<sub>0.8</sub>As井戸層とGaAs井戸層及びガイド層において、相互拡散(インターミキシング)が生じたからである。また、フォトルミネッセンス(PL)法において活性層からの発光波長を測定したところ、Z

24

n拡散(すなわち混晶化)した領域においてPLピーク波長が40nm短波長化(970nmから930nmに変化)していることが確認された。すなわち、バンドギャップが拡大(55meV)していることが判明したことから、レーザ光出射端面において窓構造が形成されていることが確認できた。

【0097】次に、アンドープGaAsキャップ層208、高濃度p型Al<sub>0.7</sub>Ga<sub>0.3</sub>As不純物拡散層207をエッチングにより除去した。このとき、リン酸/過酸化水素系のエッチング液でアンドープGaAsキャップ層208及び高濃度p型Al<sub>0.7</sub>Ga<sub>0.3</sub>As不純物拡散層207の途中まで除去し、フッ酸系のエッチング液により高濃度p型Al<sub>0.7</sub>Ga<sub>0.3</sub>As不純物拡散層207の残りを除去し、p型GaAs表面保護層205の表面でエッチングを停止させた。このあと、矩形形状のSiNx保護膜206を緩衝フッ酸液などのウェットエッチングもしくはSF<sub>6</sub>、CF<sub>4</sub>などのガスを用いたドライエッチングを用いて除去した。

【0098】次に、再度このダブルヘテロ基板の表面に厚さ100nmのSiNx保護膜をプラズマCVDにより堆積させ、フォトリソグラフィにより[011]A方向を長手方向とするストライプ状の保護膜209を形成した。ストライプ状のSiNx保護膜209の横幅は2 $\mu\text{m}$ とし、ストライプ状の保護膜209の横方向スペース間隔は約350 $\mu\text{m}$ とした。

【0099】上記のストライプ状のSiNx保護膜209の両側にMOCVD法を用いた選択成長により、厚さ1.0 $\mu\text{m}$ のn型Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>As (Siドープ:  $n=1\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ ) からなる電流ブロック層210及び厚さ0.01 $\mu\text{m}$ のn型GaAs表面保護層(Siドープ:  $n=1\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ ) 211を形成した(図5(d))。このとき、SiNx保護膜209の両脇に(111)B面(B面はAs面を意味する)からなる側壁が形成された。SiNx保護膜209のストライプ方向を[011]A方向に選択することにより、保護膜上への横方向成長や上方向成長を抑制しやすくなり、後の保護膜除去プロセスも容易になった。

【0100】次に、矩形形状のSiNx保護膜209をエッチングにより除去した。このとき、SiNx膜209の除去には緩衝フッ酸液などのウェットエッチングもしくはSF<sub>6</sub>、CF<sub>4</sub>などのガスを用いたドライエッチングを用いた。その後、再びMOCVD法により厚さ2.0 $\mu\text{m}$ のp型Al<sub>0.4</sub>Ga<sub>0.6</sub>As (Znドープ:  $p=1\times 10^{18}\text{cm}^{-3}$ ) からなるp型第2クラッド層212及び厚さ3.0 $\mu\text{m}$ のp型GaAs (Znドープ:  $p=2\times 10^{19}\text{cm}^{-3}$ ) からなるコンタクト層213を成長させた。

【0101】この後、p側の電極214を蒸着し、基板を100 $\mu\text{m}$ まで薄くした後に、n側電極215を蒸着し、アロイした(図5(e))。こうして作製したウエ



25

ハーにおいて、 $40\mu\text{m}$ 幅の不純物拡散領域のほぼ中央で劈開して、レーザ光出射端面を形成（1次劈開）するようにチップバーに切り出し、端面窓構造レーザを作製した。このときの共振器長は $740\mu\text{m}$ とした。前端面5%-後端面95%の非対称コーティングを施した後、2次劈開によりチップに分離した。チップをジャンクションダウンで組立した後、 $25^\circ\text{C}$ で連続通電（CW）にて電流-光出力、電流-電圧特性を測定した。

【0102】実施例1と同様な優れたレーザ基本特性が得られ、高い信頼性（ $70^\circ\text{C}$ 、 $250\text{mW}$ の高温、高出力における3000時間以上の安定動作）が得られることが判明した。また、開口部を選択成長により形成しているため、開口幅の均一性を高めることができ、上記の半導体レーザ素子を高歩留まりで作製することができた。

【0103】なお、上記のMOCVD法において、III族原料にはトリメチルガリウム（TMG）、トリメチルインジウム（TMI）及びトリメチルアルミニウム（TMA）を、V族原料にはアルシン及びホスフィン、キャリアガスには水素を用いた。また、p型ドーパントにはジメチル亜鉛（DEZ）、n型ドーパントにはジシランを用いた。また、n型Al<sub>0.5</sub>Ga<sub>0.5</sub>As層111の成長時には、SiNx保護膜上へのポリの堆積を抑制するために、HClガスをHCl/III族のモル比が0.12、特にHCl/TMAのモル比が0.22となる様に導入した。

【0104】（比較例）端部領域を窓構造としていないことを除き、実施例1と同じ工程によってレーザ素子を作製した。本比較例のレーザ素子は、実施例1とは不純物拡散領域を有していない点で異なっている。この素子構造のレーザでは、動作電流を増加させたところ、約350mWの光出力が得られた時にCODが発生し、レーザ素子が壊れてしまった（図9参照）。

【0105】

【発明の効果】本発明の半導体発光装置は、光導波路の端部を窓構造とすることにより端面劣化を抑制できることから、高出力動作における素子の信頼性を高めることができる。このため、本発明は、半導体レーザなどをはじめとして広範な分野に応用されうるものであり、特に光通信システムに用いる光ファイバー増幅器励起光源に適している。

【0106】本発明の半導体発光装置を製造する際には、セルフアライン型インナーストライプレーザ構造をベースとして、活性層に近傍の上部に不純物拡散層を形成することにより、不純物拡散フロントの位置制御性の向上や端部でのリーク電流低減を図ることができる。さらに、開口幅の均一性を高めることができ、上記の半導体レーザ素子を高歩留まりで作製することができることから、特に、構造設計マージンの小さいレーザ作製の際に本発明は有効である。

26

【図面の簡単な説明】

【図1】 本発明の半導体発光装置の一実施例の斜視図である。

【図2】 図1に示した本発明の半導体発光装置の一実施例の断面図であって、図1のII-II線に沿った矢視方向の断面図である。

【図3】 図1に示した本発明の半導体発光装置の一実施例の断面図であって、図1のIII-III線に沿った矢視方向の断面図である。

【図4】 本発明の半導体発光装置の製造工程の一例を説明する工程図である。

【図5】 本発明の半導体発光装置の製造工程の他の一例を説明する工程図である。

【図6】 本発明の半導体発光装置の一実施例の活性層のバンドギャップを示す図であり、(a)は窓領域のバンドギャップを示す図であり、(b)は電流注入領域のバンドギャップを示す図である。

【図7】 本発明の半導体発光装置におけるオージェ電子分光法を用いた測定結果を示す図であり、(a)は比較のための拡散の無い装置を示す図であり、(b)は本発明の半導体発光装置の一実施例であって不純物拡散による混晶を示す図である。

【図8】 本発明の半導体発光装置におけるフォトルミネッセンス（PL）法を用いた測定結果を示す図である。

【図9】 本発明の半導体発光装置の一実施例と比較例の動作電流と光出力の関係図である。

【図10】 本発明の半導体発光装置の一実施例の上面図である。

【図11】 一般的なインナーストライプ構造を示す断面図である。

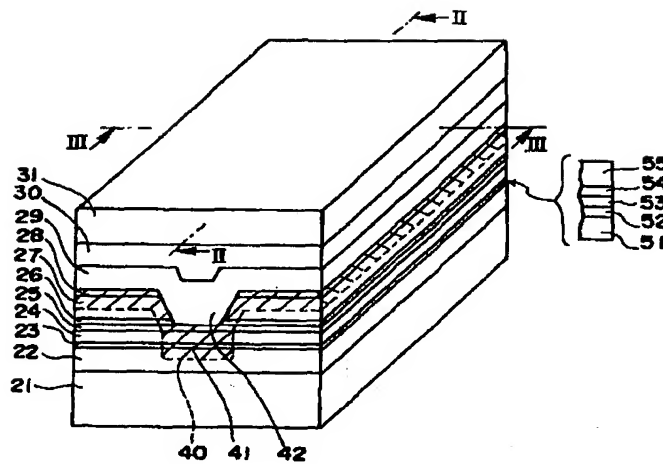
【符号の説明】

- 21： 基板
- 22： 第1導電型クラッド層
- 23： 活性層
- 24： 第2導電型第1クラッド層
- 25： 第2エッチング阻止層（キャップ層）
- 26： 第1エッチング阻止層
- 27： 電流ブロック層
- 28： 表面保護層
- 29： 第2導電型第2クラッド層
- 30： コンタクト層
- 31： エピタキシャル側電極
- 40： 窓領域
- 41： 混晶領域
- 42： 開口部
- 51、55： 光閉じ込め層
- 52、54： 井戸層
- 53： バリア層
- 101： 基板

27

102: n型クラッド層  
 103: 活性層  
 104: p型第1クラッド層  
 105: 第2エッチング阻止層  
 106: 第1エッチング阻止層  
 107: 電流ブロック層  
 108: キャップ層  
 109: ストライプ状の溝  
 110: SiNx保護膜  
 111: 不純物拡散層  
 112: キャップ層  
 113: 窓構造  
 114: p型第2クラッド層  
 115: コンタクト層  
 116: p側電極  
 117: n側電極  
 201: 基板  
 202: n型クラッド層  
 203: 活性層  
 204: p型第1クラッド層  
 205: 表面保護層  
 206: SiNx保護膜

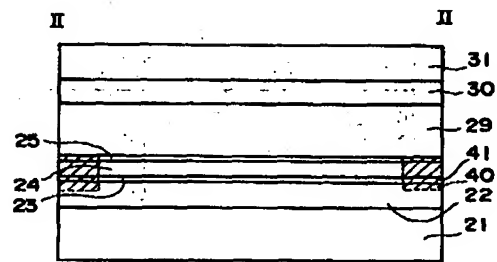
【図1】



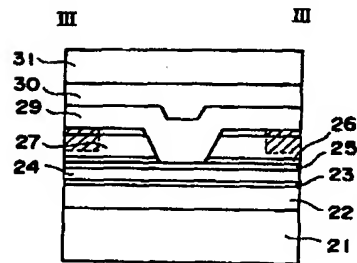
28

\*207: 不純物拡散層  
 208: キャップ層  
 209: 保護膜  
 210: 電流ブロック層  
 211: 表面保護層  
 212: p型第2クラッド層  
 213: コンタクト層  
 214: p側電極  
 215: n側電極  
 10 301: n型GaAs基板  
 302: n型AlGaAsクラッド層  
 303: AlGaAs活性層  
 304: p型AlGaAs第1クラッド層  
 305: n型GaAs電流ブロック層  
 306: p型AlGaAs第2クラッド層  
 307: p型GaAsコンタクト層  
 308: 溝  
 309: p側電極  
 310: n側電極  
 20 W1: 端部幅  
 W2: 中央部幅  
 \*

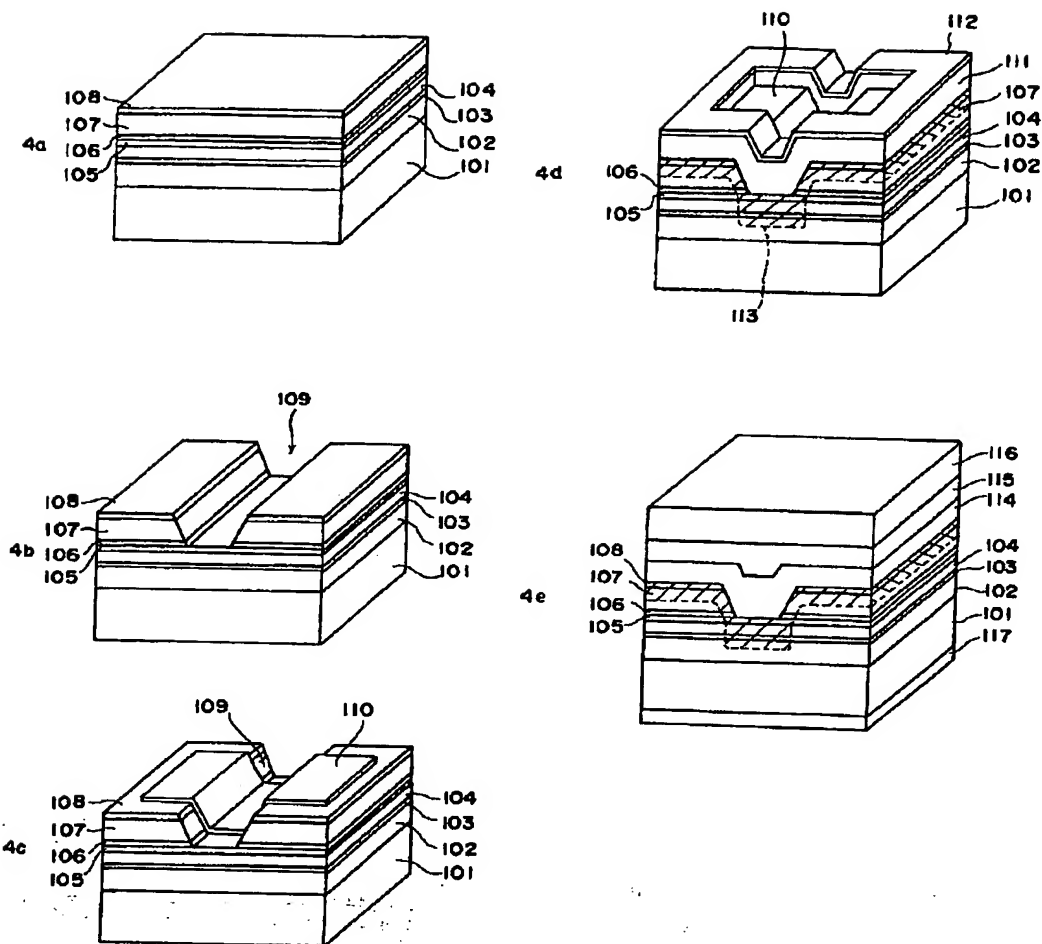
【図2】



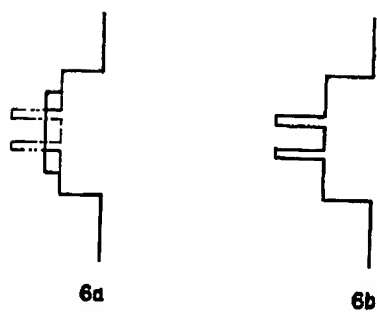
【図3】



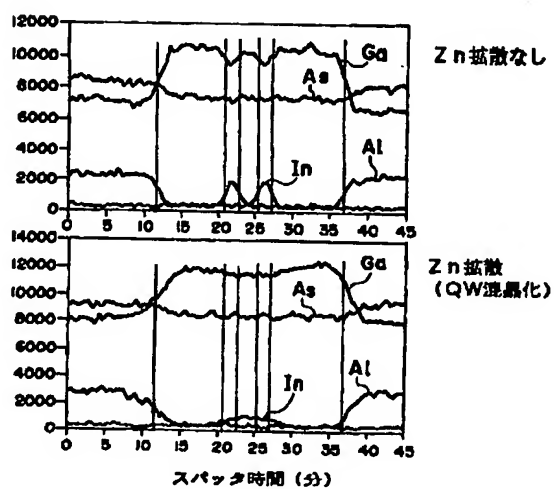
【図4】



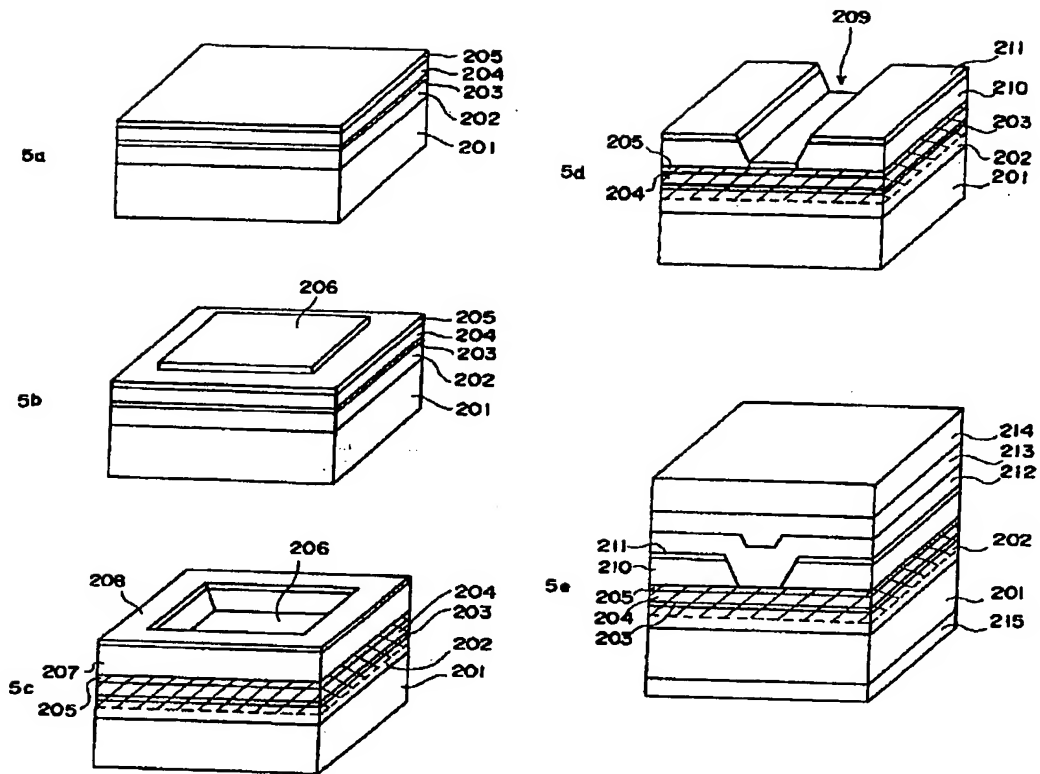
【図6】



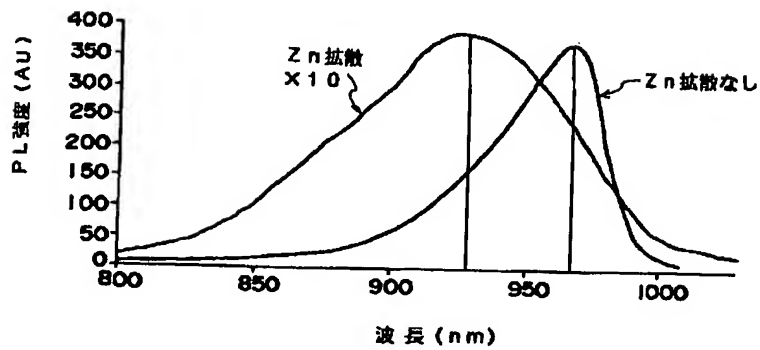
【図7】



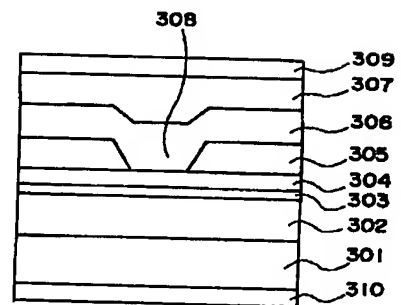
【図5】



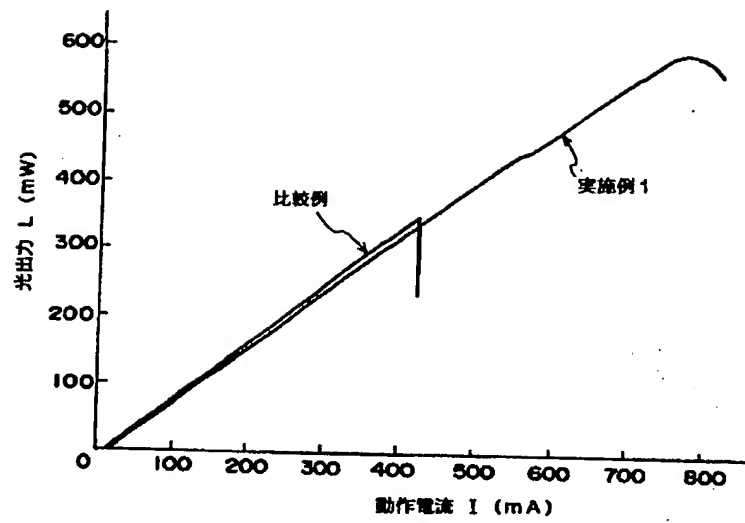
【図8】



【図11】



【図9】



【図10】

